

進行波電極構造を利用した $1.3\ \mu\text{m}$ 波長帯高速 Si 光変調器の検討

Study on High-Speed Si Optical Modulator with Travelling Wave Electrode Structure at $1.3\ \mu\text{m}$ wavelengths

技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所
PETRA

○藤方 潤一, 野口 将高, 中村 隆宏
○Junichi Fujikata, Masataka Noguchi, and Takahiro Nakamura
E-mail: j-fujikata@petra-jp.org

1. はじめに

Si フォトニクス技術と CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 電子回路技術を融合し, 超高密度の信号伝送を低消費電力で実現する試みが注目を集めている. Si 光変調器は伝送容量と消費電力を左右するキーデバイスである. Si-PN 型光変調器は逆バイアスを印加することにより変調動作が可能であり, 広帯域化・高速化が報告されて来ている [1-3]. 今回, $1.3\ \mu\text{m}$ 波長帯において設計した Si-PN 型変調器に T 型スローウェーブ電極およびスロットモード電極を適用することにより, $V_\pi L = 1.22\ \text{V}\cdot\text{cm}$ の高効率動作と $1.0\sim 4.25\ \text{mm}$ の位相シフト長において 56 Gbps の高速動作を実証したので報告する.

2. $1.3\ \mu\text{m}$ 波長帯 Si 光変調器の構造および高速・高効率動作

図 1 に検討した (a) Si-PN 型光変調器の断面模式図と (b) 非対称マッハ・ツェンダー構造における透過スペクトルのバイアス電圧依存性を示す. 本検討においては, Si-PN 接合部を低濃度ドーピングすることにより接合電気容量を低減すると共に, 電極引出部を $1\times 10^{18}/\text{cm}^3$ 程度として電極引出し抵抗を小さくすることにより, 周波数帯域

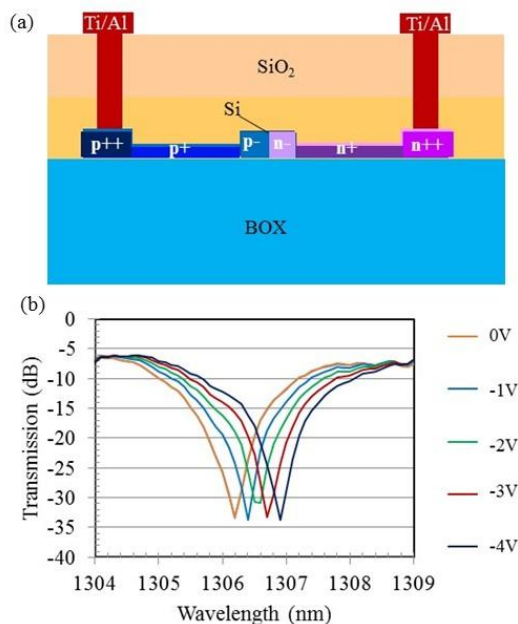


Fig. 1: (a) Schematic diagram of Si PN junction modulator for $1.3\ \mu\text{m}$ wavelength. (b) Transmission spectra dependence on applied voltage.

を改善した. 進行波電極構造としては, T 型アンテナ構造を利用したスローウェーブ電極構造[2]とスロット電極構造の 2 種類を比較検討した. 図 1(b)の波長スペクトルシフトから, 変調効率は $1.22\ \text{V}\cdot\text{cm}$ と見積られ, 光損失も $1.4\ \text{dB}/\text{mm}$ 程度と PN 型 Si 変調器としては比較的良好な値が得られた.

図 2 にスロット電極構造を用いた時のアイ波形を示す. この時変調器長を 1mm とし, バイアス電圧を -4V , 駆動電圧は $5\ \text{V}_{\text{pp}}$ とした. 消光比 $4.3\ \text{dB}$ 程度の良好なアイ波形が得られ, 周波数帯域も $30\sim 40\text{GHz}$ 程度と広帯域な変調特性が得られた.

一方, T 型アンテナ構造を用いたスローウェーブ電極構造においても, $4.25\ \text{mm}$ の変調器長において, 56Gbps 動作を検証した. この時シングル 2.5V_{pp} 駆動条件で, 4.2dB 程度の消光比が得られた. すなわち, 光信号と電気信号の速度整合を改善することにより, 比較的低電圧で広帯域な特性が得られることが明らかとなった.

以上より, 進行波電極型 Si 変調器を検討し, $1.3\ \mu\text{m}$ 波長帯において 56 Gbps 動作を実証した. 駆動電圧は, スローウェーブ電極を用いた場合, 変調器長を長く設定することにより比較的低電圧なシングル駆動で高速動作可能であり, 差動駆動とすることにより, さらなる小型・低電力化が実現可能であると期待される.

謝辞

本研究は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」により委託を受けたものである.

参考文献

- [1] X. Xiao et al., Optics Express **21** (4), 4116 (2013).
- [2] D. Patel et al., Optics Express **23** (11), 14263 (2015).
- [3] Y. Hinakura et al., Optics Express **27** (10), 14321 (2019).

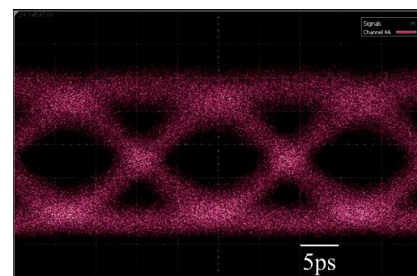


Fig. 2: 56 Gbps output waveform with $2^{31}-1$ PRBS.